

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 31 710.4

**Anmeldetag:** 11. Juli 2003

**Anmelder/Inhaber:** W.L. Gore & Associates GmbH,  
85640 Putzbrunn/DE

**Bezeichnung:** Bandkabel

**IPC:** H 01 B 7/08

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Januar 2006  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Faust', written over the printed name.  
Faust

K 59 760/6

**Bandkabel**

- 5 Die Erfindung betrifft ein Bandkabel, dessen Verwendung und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Für bestimmte Anwendungen werden Bandkabel benötigt, die nicht nur möglichst kleine Abmessungen und hohe Dauerflexibilität aufweisen, sondern auch  
10 die Übertragung sehr hoher Datenraten mit minimalen Laufzeitunterschieden, beispielsweise im Bereich von 2,5 Gbit/s, ermöglichen. Solche Anwendungen sind beispielsweise Mobiltelefone, PDAs (Personal Digital Assistant) oder Palm-tops genannte Kleincomputer und Laptops, die relativ zueinander klappbare und/oder drehbare Teile aufweisen, zwischen denen eine hochschnelle Daten-  
15 übertragung benötigt wird. Aufgrund der kleinen Abmessungen, insbesondere im Fall von Mobiltelefonen und PDAs, sollen solche Datenverbindungen über Bandkabel mit möglichst geringen Abmessungen, auch Mikrobandkabel genannt, bewirkt werden.

- 20 Eine besonders zuverlässige Datenübertragung erhält man mit der sogenannten differenziellen Signalübertragung, bei welcher die zu übertragenden Datenimpulse über zwei Signalleiter übertragen werden, über einen der beiden Signalleiter in nicht-negierter Form und über den anderen Signalleiter in negierter Form. Ein bestimmtes Datenbit wird somit auf dem einen der beiden Signalleiter mit hohem Potential und gleichzeitig auf dem anderen der beiden Signalleiter mit niedrigem Potential übertragen, wobei es während Anstiegsflanken auf  
25 einem der beiden Signalleiter zu abfallenden Flanken auf dem anderen der beiden Signalleiter kommt und umgekehrt. Diese differenzielle Signalübertragung mit gegenläufiger Impulsform über die beiden Signalleiter ermöglicht eine besonders zuverlässige Datenübertragung. Durch die differenzielle Signalübertragung werden Gleichtaktstörungen, z.B. Übersprechen, herausgefiltert und Störungen durch Ein- und Abstrahlung deutlich reduziert.
- 30

35 Für eine hochschnelle Datenübertragung ist ein Kabel erforderlich, das eine sehr hohe Gleichmäßigkeit hinsichtlich seiner Impedanz bzw. seines Wellenwiderstandes aufweist. Bei einem Bandkabel bedeutet das, dass durch ein Dielektrikum voneinander getrennte, einander benachbarte elektrische Leiter, die ein Signalleiterpaar bilden, einen Abstand voneinander haben müssen, der nicht nur sehr gut definiert sein muss sondern auch eine hochgradige Gleich-  
40 mäßigkeit aufweisen muss. Diese Gleichmäßigkeit muss nicht nur über die gesamte Kabellänge sichergestellt werden sondern auch während des Betriebes des Kabel, während welchem Biege-, Torsions- und/oder Flexbewegungen des Kabels nicht zu einer Veränderung der Impedanz führen dürfen.

45 Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ist unter dem Begriff benachbart Nachbarschaft in Bandkabelnickenrichtung und/oder in Bandkabelbreitenrichtung zu verstehen.

Elektrische Parameter, wie man sie für elektrische Kabel benötigt, die für hoch-  
50 schnelle Datenübertragung geeignet sein sollen, werden abgesehen von dem Material des die beiden Signalleiter trennenden Dielektrikums ganz wesentlich durch den Abstand zwischen den beiden Signalleitern bestimmt. Dies gilt ganz besonders auch für die Impedanz bzw. den Wellenwiderstand. Herkömmliche Bandkabel sind einlagig, d.h., alle ihre elektrischen Leiter befinden sich in der-  
55 selben Ebene. Herkömmliche Beispiele hierfür zeigen die EP 1 271 563 A1, die EP 0 961 298 B1 und die EP 0 903 757 B1. Bei allen diesen bekannten Bandkabeln sind die elektrischen Leiter zwischen zwei der Breite des Bandkabels entsprechende Isolierbänder gebettet, wobei im Fall der EP 0 903 757 B1 zusätzlich eine Abschirmung vorgesehen ist, gebildet durch zwei elektrisch leitende  
60 Schichten, welche die Außenseiten der beiden Isolierbänder umgeben. Diese Kabel eignen sich nur für niedrige Frequenzen und im Fall einer geschirmten Version kann die für eingangs erwähnte Anwendungen nötige Flexibilität und Packungsdichte nicht erreicht werden. Außerdem sind insbesondere die nicht geschirmten Versionen hinsichtlich EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit)  
65 häufig nicht zufrieden stellend.

Alternative Lösungen wie geschirmte flexible Leiterplatten und geschirmte einlagige Bandkabel erfüllen nicht die typischen mechanischen Flex-Lebensdaueranforderungen von mehreren hunderttausend Flex-Zyklen, wie sie bei eingangs  
70 erwähnten Geräten mit zueinander beweglichen Teilen üblich sind.

Mit den üblichen Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Bandkabeln ist es nicht möglich, zwischen den in Bandkabelbreitenrichtung nebeneinander  
75 liegenden elektrischen Leitern einen Abstand mit so hoher Gleichmäßigkeit sicherzustellen, wie er für die Gleichmäßigkeit der Impedanz eines für hochschnelle Datenübertragung geeigneten Bandkabels erforderlich wäre.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bandkabel zu schaffen, das sich mit den Abmessungen eines Mikrokabels herstellen läßt. Dabei soll eine hohe  
80 Impedanz- und Laufzeitgenauigkeit zwischen benachbarten Signalleitern eines Signalleiterpaares mit so hoher Gleichmäßigkeit ermöglicht werden, dass das Bandkabel für hochschnelle Datenübertragung verwendet werden kann.

Dies erreicht man mit einem Bandkabel der in Patentanspruch 1 angegebenen  
85 Art, das sich gemäß Patentanspruch 12 verwenden und mit dem in Patentanspruch 16 angegebenen Verfahren herstellen läßt. Ausführungsformen und Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Demnach schafft die Erfindung ein Bandkabel, das mindestens zwei Leiterebenen aufweist, in denen je eine Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden  
90 elektrischen Leitern angeordnet ist, wobei die elektrischen Leiter in Bandkabel-dickenrichtung und/oder in Bandkabelbreitenrichtung mittels einer als Distanzisolator wirkenden Mittelisolierlage vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten werden und mittels je einer Außenisolierlage  
95 gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind. Dabei befindet sich die Mittelisolierlage waagrecht und/oder senkrecht zwischen zwei benachbarten Leitern. Im Fall senkrechter Mittelisolierlagenanordnung befinden sich zwischen je einem Paar übereinander befindlicher Leiter und einem dazu benachbarten Paar übereinander befindlicher Leiter je eine Mittelisolierlage.  
100

Bei Ausführungsformen der Erfindung sind die Mittelisolierlage und/oder die Außenisolierlagen des Bandkabels durch bandförmiges Isoliermaterial gebildet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Bandkabel unter Extrusion der Isolierlagen herzustellen.

Dadurch, dass der Abstand der zu unterschiedlichen Leiterebenen gehörenden elektrischen Leiter durch die Mittelisolierlage bestimmt wird, die man mit einer sehr hohen Gleichmäßigkeit hinsichtlich ihrer Dicke herstellen kann, ist für die Impedanz zwischen benachbarten Leitern eine sehr hohe Gleichmäßigkeit herstellbar. Außerdem werden mit einem derartigen Bandkabel bessere Flexeigenschaften erreicht als mit herkömmlichen einlagigen Bandkabeln mit Abschirmung.

Bei der in Patentanspruch 2 angegebenen Ausführungsform ist für die Mittelisolierlage und die Außenisolierlagen eine derartige Materialauswahl getroffen, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, und zwar solchermaßen, dass bei Ausübung einer in Bandkabelickenrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das Bandkabel von den elektrischen Leitern das Außenisolierlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittelisolierlagenmaterial.

Dies hat zwei ganz entscheidende Vorteile. Einerseits wird bei der Herstellung des Bandkabels, auf welche nachfolgend noch näher eingegangen wird, vermieden, dass beim Zusammenpressen der Bandkabelkomponenten zum Zweck von deren Verbindung zu dem Bandkabel die elektrischen Leiter in die Mittelisolierlage hineingedrückt werden und es dadurch zu einer Veränderung von dessen Dicke kommt, die wiederum eine Veränderung der Impedanz nach sich zieht. Hat das Zusammenpressen der Bandkabelkomponenten beim Vorgang des Herstellens des Bandkabels die Auswirkung, dass die elektrischen Leiter umliegendes Isolierlagenmaterial verdrängen, kommt es zu einer Verdrängung des weicheren Außenisolierlagenmaterials und bleibt das härtere Mittelisolierlagenmaterial von einer solchen Verdrängung verschont. Kommt es andererseits bei Biege-, Torsions- oder Flexbewegungen des im Einsatz befindlichen

135 Bandkabels zu starken Biegungen oder gar zur Ausübung eines Druckes auf das  
Bandkabel, kommt es auch in diesem Fall zu einer Verdrängung von Außeniso-  
lierlagenmaterial, nicht jedoch von Mittelisolierlagenmaterial. Auch bei einem  
durch Biege-, Torsions- oder Flexbewegungen belasteten Bandkabel bleibt da-  
her die Gleichförmigkeit des Abstandes zwischen den Signalleitern der beiden  
140 Leiterebenen und damit die Gleichförmigkeit der Impedanz zwischen diesen  
Leitern des Bandkabels erhalten.

Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind sämtliche elektrischen Leiter als  
Rundleiter ausgebildet. Bei einer anderen Ausführungsform sind sämtliche Lei-  
145 ter als Flachleiter ausgebildet. Bei einer weiteren Ausführungsform ist ein Teil  
der Leiter als Rundleiter und der restliche Teil als Flachleiter ausgebildet.

Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Bandkabels für die differenzielle Si-  
gnalübertragung werden je zwei benachbarte elektrische Leiter, die entweder  
150 zu verschiedenen Leiterebenen oder zu selben Leiterebene gehören, als Signal-  
leiterpaar für die differenzielle Signalübertragung verwendet.

Da bei der differenziellen Signalübertragung mit Signalleiterpaaren, wie bereits  
erwähnt, Gleichtaktstörungen, z.B. Übersprechen, herausgefiltert und Störun-  
155 gen durch Ein- und Abstrahlung deutlich reduziert werden, bedarf es keiner zu-  
sätzlichen Kabelabschirmung. Daher erreicht man mit einem erfindungsgemä-  
ßen Bandkabel eine höhere mechanische Belastbarkeit und bessere Biegeeig-  
enschaften, als sie herkömmliche einlagige Bandkabel haben, die zusätzlich zu  
den Signalleitern noch Schirmlagen aufweisen.

160 Bei einer anderen Ausführungsform der Erfindung befinden sich in einer der  
beiden Leiterebenen schmale Leiter und in der anderen Leiterebene breite  
Flachleiter. Dabei bilden je zwei benachbarte schmale Leiter der einen Lei-  
tungsebene ein Signalleiterpaar, während die breiten Flachleiter in der anderen  
165 Leiterebene je als Referenzpotentialleiter für ein jeweils benachbartes Paar von  
schmalen Signalleitern dienen. Dabei weisen die breiten Flachleiter eine derarti-  
ge Breite und relative Lage auf, dass jeder der breiten Flachleiter ein zugehöri-  
ges Paar von schmalen Signalleitern der anderen Leiterebene breitenmäßig

170 überspannt, aber nicht notwendigerweise überragt. Der Abstand der schmalen  
Leiter und der breiten Flachleiter in Bandkabeldeckenrichtung gesehen wird  
auch bei dieser Ausführungsform durch die Mittellisolerlage bestimmt und  
kann daher mit einer hohen Gleichmäßigkeit eingehalten werden. Bei einem  
Bandkabel dieser Ausführungsform wird die Impedanz zwischen zwei ein Si-  
gnalleiterpaar bildenden schmalen Leiter ganz überwiegend nicht durch deren  
175 Abstand voneinander bestimmt sondern durch den Abstand, den diese schma-  
len Signalleiter von dem zugehörigen breiten Flachleiter in Bandkabeldecken-  
richtung haben. Da sich dieser Abstand mit Hilfe der Mittellisolerlage mit hoher  
Genauigkeit und Gleichmäßigkeit einhalten lässt, ist bei diesem Bandkabelauf-  
bau eine hochgleichmäßige differenzielle Impedanz auch zwischen benachbar-  
ten Signalleitern, die sich in derselben Leiterebene befinden, zu erreichen.  
180

Bei der Ausführungsform mit breiten Flachleitern in der einen Leiterebene kön-  
nen die Signalleiter in der anderen Leiterebene entweder als Rundleiter oder als  
relativ zu den breiten Flachleitern schmale Flachleiter ausgebildet sein.  
185

Bei einer Ausführungsform der Erfindung befinden sich in Bandkabelbreiten-  
richtung benachbarte breite Flachleiter oder Gruppen breiter Flachleiter ab-  
wechselnd in der einen und in der anderen Leiterebene, mit entsprechend ab-  
wechselnder Anordnung der je zugehörigen schmalen Leiter der einen bzw. der  
190 anderen Leiterebene.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Walzenanordnung verwen-  
det, die zwei drehbar gehaltene, parallel zueinander angeordnete Walzen auf-  
weist, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial vonein-  
195 ander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elektri-  
schen Leiters aufweist, wobei das Profil der einzelnen Ringnuten an das Profil  
desjenigen elektrischen Leiters angepasst ist, der in der jeweiligen Ringnut ge-  
führt werden soll. Die beiden Walzen werden auf einen vorbestimmten radialen  
Abstand voneinander eingestellt, derart, dass zwischen den beiden Walzen ein  
200 Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um soviel geringer ist als die Summe  
der Dicken der drei Isolierlagen, dass beim Hindurchführen der einzelnen Kom-  
ponenten des Bandkabel durch diesen Spalt zwischen den Walzen ein ausrei-

chender Druck auf diese Komponenten ausgeübt wird, um deren Verbindung zu dem Bandkabel zu bewirken. Aufgrund der bereits erwähnten Materialhärtenauswahl für die Isolierlagen ist sichergestellt, dass der Pressdruck, der von den beiden Walzen auf die Bandkabelkomponenten ausgeübt wird, um diese zum Bandkabel zu verbinden, dazu führt, dass eine von den elektrischen Leitern bewirkte Verdrängung von Isolierlagenmaterial in den Außenisolierlagen wirksam wird und nicht in der Mittelisolierlage.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Isolierlagen mittels eines zuvor auf sie aufgetragenen Klebstoffs unter Einschluß der elektrischen Leiter miteinander verbunden. Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Isolierlagen mittels einer geheizten Walzenanordnung während ihres Hindurchlaufens durch den Spalt zwischen den beiden Walzen soweit erhitzt, dass sie anschmelzen und es zu einer Heißverklebung der Isolierlagen miteinander aufgrund dieses Anschmelzens kommt. Bei Verwendung eines wärmeaktivierbaren Klebstoffs erfolgt ebenfalls eine Erwärmung über die Walzen.

Bei einer anderen Ausführungsform wird das Bandkabel unter Extrusion der hergestellt.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

Figur 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 2 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 3 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 4 eine nochmalige, vergrößerte Querschnittsdarstellung eines Bandkabels des in Figur 1 gezeigten Aufbaus;



Figuren 5 bis 8 Querschnittsansichten während einiger Herstellungsphasen bei der Herstellung des in Figur 4 gezeigten Bandkabels; und

240 Figur 9 eine Darstellung zur Erläuterung der Auswirkungen unterschiedlicher Härten für die unterschiedlichen Isolationsmaterialien.

Bei der nachfolgenden Erläuterung der Zeichnungen werden Begriffe wie senkrecht, waagrecht, oben, unten, links und rechts verwendet, die sich nur auf die Darstellung in der jeweils betrachteten Figur beziehen, für das jeweils betrachtete Bandkabel aber keine absolute Bedeutung haben sondern bei anderer als  
245 der jeweils dargestellten Lage nicht mehr gelten.

Figur 1 zeigt in Querschnittsansicht einen Teil der Breite eines erfindungsgemäßen Bandkabels 11 mit elektrischen Rundleitern 13a, 15a, 17a und 19a, die sich  
250 in einer oberen Leiterebene befinden, und elektrischen Rundleitern 13b, 15b, 17b und 19b, die sich in einer unteren Leiterebene befinden. Bei Anwendung dieses Bandkabels zur differenziellen Signalübertragung bilden die elektrischen Leiter 13a, 13b ein erstes Differenzsignalleiterpaar, die elektrischen Leiter 15a und 15b ein zweites Differenzsignalleiterpaar usw. Eine praktische Ausführungsform eines derartigen Bandkabels kann mehr oder weniger als die vier in  
255 Figur 1 gezeigten Signalleiterpaare aufweisen.

Zwischen den Leitern der oberen Leiterebene und den Leitern der unteren Leiterebene befindet sich eine als Distanzisolator wirkende Mittelisolierlage 21, mittels welcher die Signalleiter 13a bis 19a der oberen Leiterebene und die Leiter 13b bis 19b der unteren Leiterebene auf einem gleichmäßigen, definierten Abstand voneinander gehalten werden. Die Mittelisolierlage 21 besteht aus einem isolierenden Material geeigneter Dielektrizitätskonstante. Beispielsweise besteht die Mittelisolierlage 21 aus PTFE (Polytetrafluorethylen). Besonders  
260 gut geeignet ist ePTFE, also expandiertes, mikroporöses PTFE. ePTFE hat eine Dielektrizitätskonstante  $\epsilon$ , im Bereich von etwa 1,2 bis etwa 2,1 und eignet sich daher besonders gut als dielektrisches Material von Hochfrequenzkabeln.  
265

Die elektrische Isolierung der Signalleiter 13a bis 19b gegeneinander und zur  
270 Außenseite des Bandkabels hin erfolgt mittels einer oberen Außenisolierlage  
23a bzw. mittels einer unteren Außenisolierlage 23b. Infolge des Verfahrens,  
mittels welchem das Bandkabel hergestellt wird und das weiter unten noch nä-  
her erläutert wird, schmiegen sich die Außenisolierlagen 23a und 23b um die  
von der Mittelisolierlage 21 abliegenden Seiten der Signalleiter 13a bis 19b her-  
275 um, wie dies in Figur 1 gezeigt ist.

Bei einer Ausführungsform bestehen die beiden Außenisolierlagen 23a und  
23b ebenfalls aus PTFE, bevorzugtermaßen auch aus ePTFE. Dabei wird das zu-  
vor erwähnte Härteverhältnis zwischen dem ePTFE der Mittelisolierlage 21 und  
dem ePTFE der Außenisolierlagen 23a und 23b eingehalten.  
280

Bei praktischen Ausführungsformen des in Figur 1 gezeigten Bandkabels als Mi-  
krobandkabel werden in einer jeden Leiterebene Rundleiter mit einem Durch-  
messer im Größenbereich von etwa 0,05 mm (AWG 44) bis etwa 0,13 mm  
285 (AWG 36) verwendet, wobei AWG für American Wire Gauge steht, und haben  
die Rundleiter einen Mittenabstand von etwa 0,2 mm bis 0,3 mm (9 mil bis 12  
mil) voneinander, besitzen die ein jeweiliges Signalleiterpaar bildenden Leiter  
der oberen Leiterebene und der unteren Leiterebene einen Mittenabstand von  
etwa 150  $\mu\text{m}$  (etwa 6 mil) voneinander und hat die Mittelisolierlage 21 eine Dic-  
ke von etwa 50  $\mu\text{m}$ , je mit einer Toleranz von maximal  $\pm 5 \mu\text{m}$ .  
290

Eine praktische Realisierung des in Figur 1 gezeigten Bandkabels hat hervor-  
ragende Eigenschaften hinsichtlich der Biegsamkeit und Flexbeständigkeit sowie  
hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Impedanz gezeigt und hat eine Tauglichkeit  
295 für eine Datenübertragungsgeschwindigkeit bis in den Bereich von über 2  
Gbit/s, in Abhängigkeit von der Bandkabellänge.

Figur 2 zeigt in Querschnittsansicht eine Ausführungsform eines erfindungsge-  
mäßigen Bandkabels 111, bei dem in der unteren Leiterebene elektrische Rund-  
300 leiter angeordnet sind, die drei Signalleiterpaare 113a, 113b bzw. 115a, 115b  
bzw. 117a, 117b bilden, die paarweise je für eine differenzielle Signalübertra-  
gung verwendet werden können. In der oberen Leiterebene befinden sich brei-

te Flachleiter 113c, 115c und 117c, die je einem der Signalleiterpaare der unteren Leiterebene zugeordnet sind und eine derartige Breite und Lage haben, dass jeder der breiten Flachleiter 113c, 115c und 117c ein zugehöriges der Signalleiterpaare 113a, 113b bzw. 115a, 115b bzw. 117a, 117b überspannt, aber nicht notwendigerweise überragt. Die breiten Flachleiter 113c bis 117c bilden für das je zugehörige der Leiterpaare 113a bis 117b je einen Referenzpotentialleiter. Für die Impedanz des jeweiligen Signalleiterpaares ist maßgeblich der Abstand der jeweiligen beiden Rundleiter in der unteren Leiterebene von dem jeweiligen breiten Flachleiter in der oberen Leiterebene. Dieser Abstand wird wie im Fall der Figur 1 durch eine Mittellisolerlage 121 gebildet, welches die Rundleiter und den je zugehörigen breiten Flachleiter auf einem definierten und gleichmäßigen Abstand hält. Wie in Figur 1 übernehmen auch bei dieser Ausführungsform Außenisolerlagen 123a und 123b die Isolierung zwischen den einzelnen Leitern gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite.

Auch bei dieser Ausführungsform eignen sich als Materialien für die Isolierlagen 121, 123a und 123b PTFE, insbesondere ePTFE, wieder unter Beachtung der zuvor erwähnten Härteverhältnisse zwischen dem ePTFE der Mittellisolerlage 121 und dem ePTFE der beiden Außenisolerlagen 123a und 123b.

Bei einer praktischen Realisierung des Bandkabels gemäß Figur 2 weisen die zu einem Signalleiterpaar, beispielsweise 113a und 113b gehörenden beiden Rundleiter einen Mittenabstand von etwa 0,28 mm (etwa 11 mil) auf, haben die breiten Flachleiter 113c, 115c, 117c je eine Breite von etwa 0,4 mm (etwa 16 mil) und einen gegenseitigen Abstand von etwa 0,5 mm (etwa 20 mil). Dabei beträgt der durch die Mittellisolerlage 121 bestimmte Abstand zwischen den Rundleitern 113a bis 117b und den breiten Flachleitern 113c bis 117c etwa 0,05 mm (etwa 2 mil).

Figur 3 zeigt in Querschnittsdarstellung eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels 211, das mit der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform mit der Ausnahme übereinstimmt, dass Signalleiter der unteren Leiterebene, die Signalleiterpaare 213a, 213b bzw. 215a, 215b bzw. 217a, 217b bilden, als Schmalflachleiter ausgebildet sind, die Leiter der oberen Leiterebene wie im

Fall der Figur 2 als breite Flachleiter 213c, 215c und 217c. Hinsichtlich der Materialien für eine Mittelisolierlage 221 und Außenisolierlagen 223a und 223b gilt das Gleiche wie bei der Ausführungsform gemäß Figur 202. Besonders bevorzugt wird für diese Isolierlagen ePTFE, wieder unter Beachtung der bereits genannten Härteverhältnisse.

Bei einer praktischen Realisierung eines Bandkabels mit dem in Figur 3 gezeigten Aufbau haben die Schmalflachleiter 213a bis 217b eine Breite von etwa 0,15 mm (etwa 6 mil), haben die breiten Flachleiter 213c bis 217c eine Breite von etwa 0,46 mm (etwa 18 mil) und ist der durch die Mittelisolierlage 221 bestimmte Abstand zwischen den Schmalflachleiter 213a bis 217b und den Breiflachleitern 213c bis 217c etwa 0,06 mm (etwa 2,3 mil).

Bei den beiden Ausführungsformen gemäß Figuren 2 und 3 haben die Flachleiter alle eine Dicke von etwa 0,03 mm (etwa 1 mil).

Bei den praktischen Realisierungen der Breitbandkabel gemäß Figuren 1 und 2 haben die Rundleiter je einen Durchmesser entsprechend AWG 36 und kleiner, was einem Rundleiterdurchmesser von etwa 0,127 mm nominal und kleiner entspricht.

Untersuchungen an den praktischen Realisierungen der in Figuren 2 und 3 gezeigten Bandkabel haben gezeigt, dass diese sich besonders gut für hochschnelle Datenübertragung bis in den Bereich von über 2,5 Gbit/s eignen. Auch diese Kabel zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität und Flexbeständigkeit aus und durch eine hochgleichmäßige Impedanz.

Bei einer praktischen Realisierung des in Figur 1 gezeigten Bandkabels als Mikrobroadbandkabel mit 2 x 16 Rundleitern, d.h. 16 Rundleitern pro Leiterebene, weisen dessen beide äußere Rundleiter derselben Leiterebene einen Mittenabstand von 4,6 mm auf, mit einem Mittenabstand zwischen benachbarten Leitern im Bereich von etwa 0,2 mm (9 mil) bis 0,3 mm (12 mil). Bei praktischen Ausführungsformen kommen pro Leiterebene 4 bis 32 Leiter zum Einsatz.

Die Leiterzahl der in den Figuren 2 und 3 gezeigten Ausführungsformen kann entsprechend dem jeweiligen Bedarf auch variabel gewählt werden.

375 Bei allen gezeigten Ausführungsformen eignen sich als elektrische Leiter übliche für Hochfrequenzkabel verwendete Materialien wie silberplattiertes Kupfer (SPC), reines Kupfer, verzinnertes Kupfer, hochfeste Kupferlegierungen mit oder ohne Oberflächenveredelung, Gold und Silber.

380 Als Isoliermaterialien für die Isolierlagen eignen sich neben PTFE und ePTFE beispielsweise auch Polyethylen und Polyester und deren geschäumte Varianten.

In Figur 4 ist nochmals in vergrößerter Darstellung der Aufbau eines Bandkabels der in Figur 1 gezeigten Art dargestellt. Eine Methode zur Herstellung eines  
385 derartigen Bandkabels wird nun anhand der Figuren 5 bis 8 erläutert, in denen unterschiedliche Herstellungsphasen je in Querschnittsdarstellung gezeigt sind.

Bei der in Figur 5 gezeigten Herstellungsphase sind beidseits der Mittellisolerlage 21 rein als Beispiel je drei Rundleiter 13a, 13b, 15a, 15b, 17a und 17b angeordnet. Da die Rundleiter 13a bis 17b von der Mittellisolerlage 21 auf Distanz gehalten werden, wird im Zusammenhang mit diesen Figuren auch der Begriff Distanzisolator für die Mittellisolerlage 21 verwendet. Die Rundleiter 13a bis 17b, bei denen es sich im Fall eines Mikrobandkabels um sehr dünne Feindrähte handelt, werden präzise mit Hilfe eines Werkzeugs an dem Distanzisolator 21  
395 einander gegenüberliegend positioniert.

Der Distanzisolator 21 bestimmt zusammen mit dem Drahtdurchmesser der Rundleiter 13a bis 17b die Übertragungseigenschaften des Bandkabels.

400 Figur 6 zeigt eine Herstellungsphase, bei welcher je eine Außenisolierlage 23a, 23b oben und unten an die Rundleiter 13a bis 17b positioniert worden ist. In den Figuren 6 und 7 werden die Außenisolierlagen 23a, 23b auch als äußeres Isoliermaterial bezeichnet.

405 Bei der in Figur 7 gezeigten Herstellungsphase kommen von den beiden Außen-  
 410 seiten der beiden Außenisolierlagen 23a und 23b je rotierende Pressstempel  
 25a bzw. 25b zum Einsatz. Diese sind, wie schematisch dargestellt, derart  
 geformt, dass sie Stempelbereiche in den Zwischenräumen zwischen je einem  
 Paar benachbarter Rundleiter und neben den äußeren Rundleitern 13a, 13b und  
 17a, 17b aufweisen, um in der in Figur 8 gezeigten Weise das äußere Isolations-  
 material 23a, 23b um die einzelnen Rundleiter 13a bis 17b herum zu formen  
 und neben den Rundleitern 13a bis 17b auf den Distanzisolator 21 zu pressen.  
 Dabei drücken die Pressstempel 25a, 25b das äußere Isolationsmaterial zwi-  
 415 schen den Rundleitern 13a bis 17b zusammen. Anschließend werden die Isola-  
 tionsmaterialien miteinander verklebt, wozu entweder Klebstoff zum Einsatz  
 kommen kann oder eine Verklebung durch Anschmelzerwärmung der Isolati-  
 onsmaterialien während des Pressvorgangs, wobei die Anschmelzwärme durch  
 Erwärmen der Pressstempel 25a und 25b zugeführt werden kann.

420 Bei einer Ausführungsform bilden die rotierenden Pressstempel einen Teil einer  
 Walzenanordnung mit zwei drehbar gehaltenen, parallel zueinander angeordne-  
 ten Walzen, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial  
 voneinander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elek-  
 trischen Leiters aufweist. Dabei werden die beiden Walzen auf einen derartigen  
 425 radialen Abstand voneinander eingestellt, dass zwischen ihnen ein Spalt mit ei-  
 ner Spaltdicke entsteht, die um einen vorbestimmten Betrag geringer ist als die  
 Summe der Dicken der drei beteiligten Isolierlagen. Die das Bandkabel bilden-  
 den Bandkabelkomponenten, nämlich die elektrischen Leiter, der Distanzisola-  
 tor und die beiden äußeren Isolationsmaterialien werden dem Spalt von einer  
 430 Seite zugeführt, werden im Spalt zusammengepresst und verklebt und verlas-  
 sen die Walzenanordnung auf der anderen Seite des Spaltes als Bandkabel.

Als Walzenanordnung eignet sich prinzipiell eine Anordnung wie sie in der EP 1  
 271 563 A1 und in der EP 0 903 757 B1 gezeigt sind, nach Anpassung an die Be-  
 435 dürfnisse für die Herstellung eines erfindungsgemäßen Bandkabels. Im erfin-  
 dungsgemäßen Fall werden der Zuführseite der Walzenanordnung von oben  
 nach unten betrachtet die obere Außenisolierlierlage 23a, die oberen Leiter 13a,  
 15a und 17a, die Mittelisolierlage 21, die unteren Leiter 13b, 15b und 17b und

440 die untere Außenisolerlage 23b zugeführt, wobei auch hierbei die in den genannten Druckschriften gezeigten Walzenringnuten für eine lagerichtige Positionierung der Leiter 13a-17b sorgen.

445 Wie bereits erwähnt, wird für die Mittelisolerlage 21 und die Außenisolerlagen 23a und 23b eine Materialauswahl getroffen, derart, dass die Mittelisolerlagematerial oder der Distanzisolator eine höhere Härte aufweist als das äußere Isolationsmaterial, und zwar in solcher Weise, dass bei dem beim Pressvorgang ausgeübten Pressdruck von den elektrischen Leitern im wesentlichen nur Außenisolerlagenmaterial nicht aber Mittelisolerlagenmaterial verdrängt und somit die Dicke der Mittelisolerlage im wesentlichen unverändert aufrechterhalten wird.

455 Dies wird noch anhand der Figur 9 erläutert. Während des mittels der Pressstempel 25a, 25b ausgeübten Pressvorgangs erfolgt eine Dehnung der Außenisolation 23a, 23b durch Umschlingung des jeweiligen Rundleiters 13a bis 17b während der Formgebung. Während dieses Pressvorgangs, der durch weiße Pfeile angedeutet ist, muss sich das Außenisolationsmaterial dehnen. Die Dehnwiderstandskraft des Außenisolationsmaterials, durch Rundpfeile 31a und 31b angedeutet, muss kleiner sein als die mechanische Widerstandskraft des Distanzisolators 21 gegen dessen bleibende Verformung, in Figur 9 mit einem geradlinigen Doppelpfeil 33 angedeutet. Dies wird dadurch erreicht, dass 460 für die Außenisolation Isolationsmaterialien mit geringer Widerstandskraft gegen eine Querdehnung verarbeitet werden, dass jedoch für den Distanzisolator 21 Materialien mit hoher Härte verwendet werden.

465

**Patentansprüche**

1. Bandkabel, aufweisend mindestens zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c), die in Bandkabelplattenrichtung und/oder  
470 Bandkabelbreitenrichtung mittels einer Mittelisolierlage (21; 121; 221) vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolierlage (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind.
2. Bandkabel nach Anspruch 1, bei welchem für die Mittelisolierlage (21; 121; 221) und die Außenisolierlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) eine derartige Materialauswahl getroffen ist, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, derart, dass  
480 bei Ausübung einer in Bandkabelplattenrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das Bandkabel von den elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c) das Außenisolierlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittelisolierlagenmaterial.
3. Bandkabel nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem mindestens ein Teil der elektrischen Leiter (13a bis 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) durch  
485 Rundleiter gebildet ist.
4. Bandkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem mindestens ein  
490 Teil der elektrischen Leiter durch Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213a bis 217c) gebildet ist.
5. Bandkabel nach Anspruch 3 oder 4, bei welchem ein Teil der Flachleiter als  
495 schmale Leiter (213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) und der restliche Teil als breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) ausgebildet ist



- 500 6. Bandkabel nach Anspruch 5, bei welchem die breiten Flachleiter (213c, 215c, 217c) in der einen Leiterebene und die schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in der anderen Leiterebene angeordnet sind und die breiten Flachleiter (213c, 215c, 217c) eine derartige Breite und Lage aufweisen, dass jeder von diesen zwei einander benachbarte schmale Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) der anderen Leiterebene breitenmäßig überspannt.
- 505 7. Bandkabel nach Anspruch 5 oder 6, bei welchem mindestens ein Teil der schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) durch Rundleiter gebildet ist.
- 510 8. Bandkabel nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei welchem mindestens ein Teil der schmalen Leiter (213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) durch Flachleiter gebildet ist.
- 515 9. Bandkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dessen Mittelisolierlage (21; 121; 221) und/oder Außenisolierlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) mit PTFE aufgebaut sind.
10. Bandkabel nach Anspruch 9, dessen Mittelisolierlage (21; 121; 221) und/oder Außenisolierlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) mit ePTFE aufgebaut sind.
- 525 11. Bandkabel nach einem der Ansprüche 5 bis 10, bei welchem einander in Bandkabelbreitenrichtung benachbarte breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) oder benachbarte Gruppen von Flachleitern abwechselnd in der einen und in der anderen Leiterebene angeordnet sind, mit entsprechend abwechselnder Anordnung der je zugehörigen schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in der einen bzw. der anderen Leiterebene.
- 530 12. Verwendung des Bandkabels (11; 11; 211) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zur differenziellen Datenübertragung, wobei von je zwei einander benach-

535 barten, ein Signalleiterpaar (z.B. 13a, 13b; 113a, 113b; 213a, 213b) bildenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217c) jeweils einer Datenimpulse in nicht-negierter Signalform und der andere die Datenimpulse in negierter Signalform überträgt.

13.Verwendung nach Anspruch 12, wobei mindestens ein Teil der Signalleiterpaare (z.B. 13a, 13b) durch zwei zu unterschiedlichen Leiterebenen gehörende benachbarte elektrische Leiter gebildet wird.

14.Verwendung nach Anspruch 12 oder 13, wobei mindestens ein Teil der Signalleiterpaare (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) durch zwei zur gleichen Leiterebene gehörende benachbarte elektrische Leiter gebildet wird.

545 15.Verwendung des Bandkabels nach einem der Ansprüche 5 bis 11 zur differenziellen Datenübertragung, wobei von je zwei einander benachbarten, ein Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) bildenden schmalen Leiter der einen Leiterebene jeweils einer Datenimpulse in nicht-negierter Signalform und der andere die Datenimpulse in negierter Signalform überträgt und ein  
550 das jeweilige Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) überspannender breiter Flachleiter (z.B. 113c; 213c) der anderen Leiterebene als Referenzpotentialleiter für das je zugehörige Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) verwendet wird.

555 16.Verfahren zur Herstellung eines Bandkabels mit zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern, die in Bandkabelnickenrichtung mittels einer Mittelisolierlage vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolerlage gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind,  
560 mit folgenden Herstellungsschritten:  
(a) es wird eine Walzenanordnung bereitgestellt mit zwei drehbar gehaltenen, parallel zueinander angeordneten Walzen, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten

- 565 für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist;  
(b) die beiden Walzen werden auf einen derartigen radialen Abstand voneinander eingestellt, dass zwischen ihnen ein Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um einen vorbestimmten Betrag geringer ist als die Summe der Dicken der Mittelisolierlage und der beiden Außenisolierlagen;  
570 (c) auf einer Eingangsseite des Spaltes werden Vorratsspeicher für die Zulieferung von Bandkabelkomponenten in Form der elektrischen Leiter, von bandförmigen Außenisolierlagen und einer bandförmigen Mittelisolierlage zu der Walzenanordnung derart positioniert, dass in Spaltdickenrichtung gesehen übereinander folgend die eine Außenisolierlage, die elektrischen Leiter der einen Leiterebene, die Mittelisolierlage, die elektrischen Leiter der anderen Leiterebene und schließlich die andere Außenisolierlage in den Spalt gelangen;  
575 (d) mittels der Walzen wird auf die in den Spalt geführten Bandkabelkomponenten ein derartiger vorbestimmter Anpressdruck ausgeübt, dass die Bandkabelkomponenten miteinander zu dem Bandkabel verbunden werden;  
580 (e) für die Mittelisolierlage und die Außenisolierlagen wird eine derartige Materialauswahl getroffen, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, derart, dass bei dem vorbestimmten Anpressdruck von den elektrischen Leitern im wesentlichen nur Außenisolierlagenmaterial nicht aber Mittelisolierlagenmaterial verdrängt  
585 und somit die Dicke der Mittenisolierlage im wesentlichen unverändert aufrecht erhalten wird.

590 17.Verfahren nach Anspruch 16, bei welchem die Isolierlagen während des Hindurchgelangens durch den Spalt miteinander verklebt werden.

18.Verfahren nach Anspruch 17, bei welchem die Verklebung durch auf die Isolierlagen aufgetragenen Klebstoff bewirkt wird.

595 19.Verfahren nach Anspruch 17, bei welchem mindestens eine der Walzen geheizt und die Verklebung durch Anschmelzen der Isolierlagen während deren Berührung mit den Walzen bewirkt wird.

### Zusammenfassung

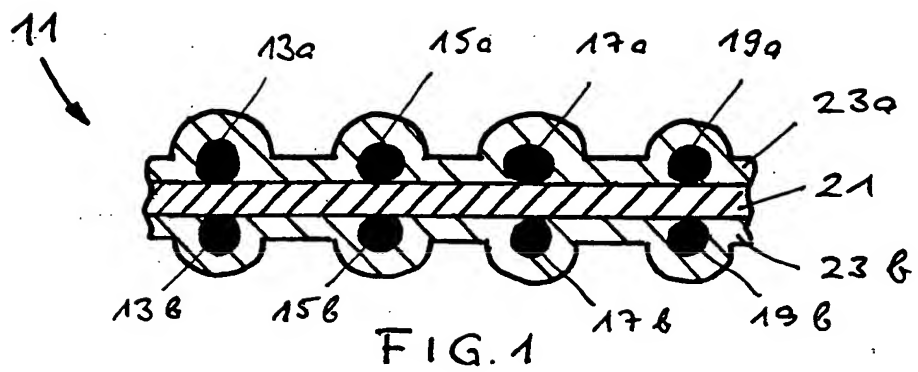
600

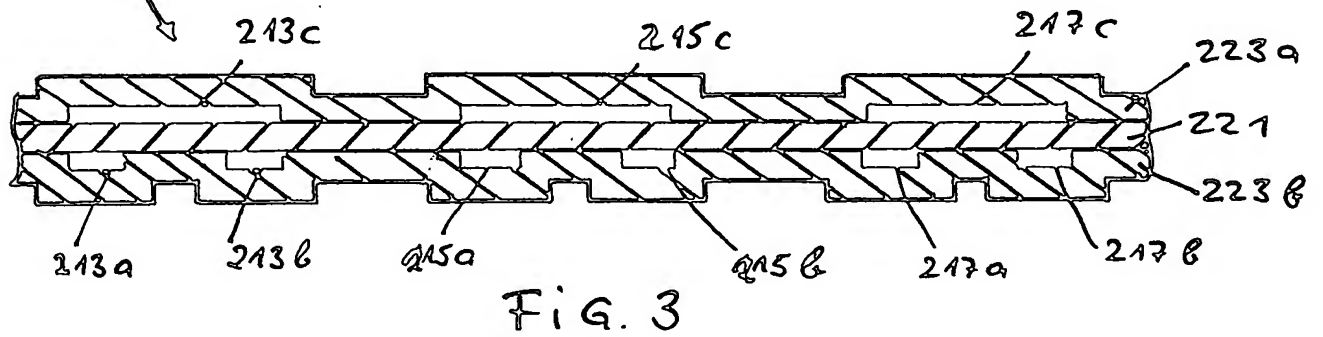
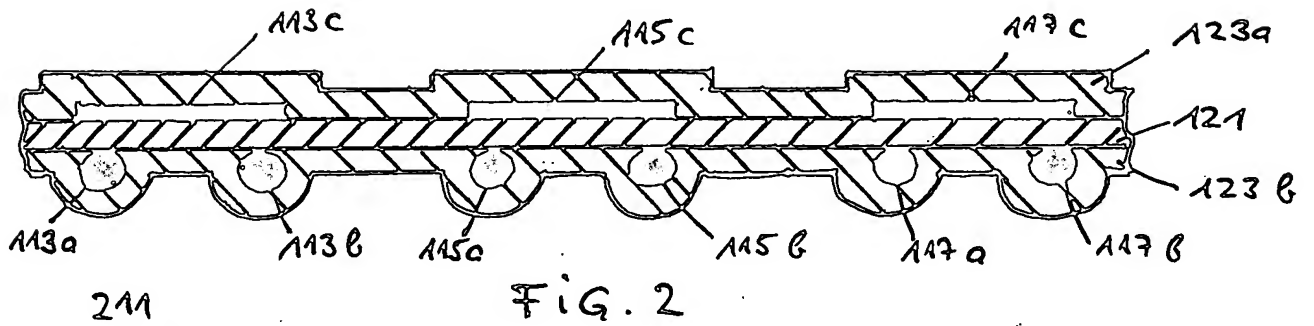
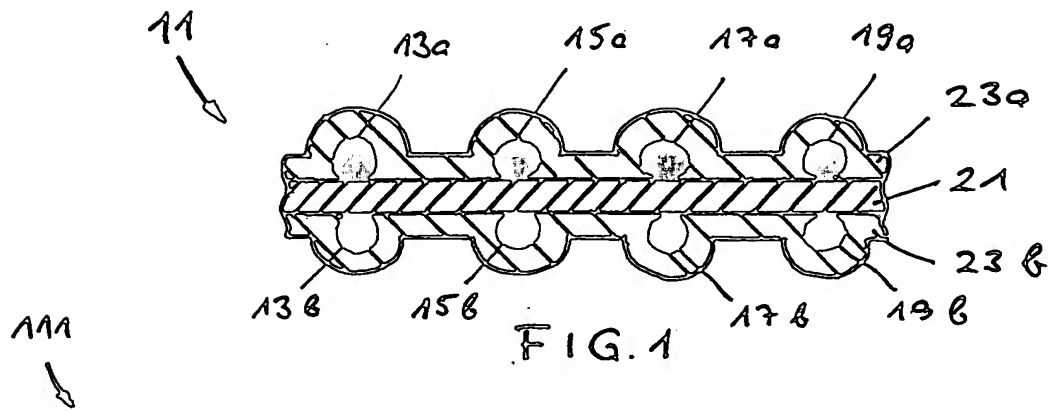
Bandkabel, aufweisend mindestens zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c), die in Bandkabel-dickenrichtung und/oder Bandkabel-breitenrichtung mittels einer Mittelisolierlage (21; 121; 221) vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolierlage (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind.

605

610

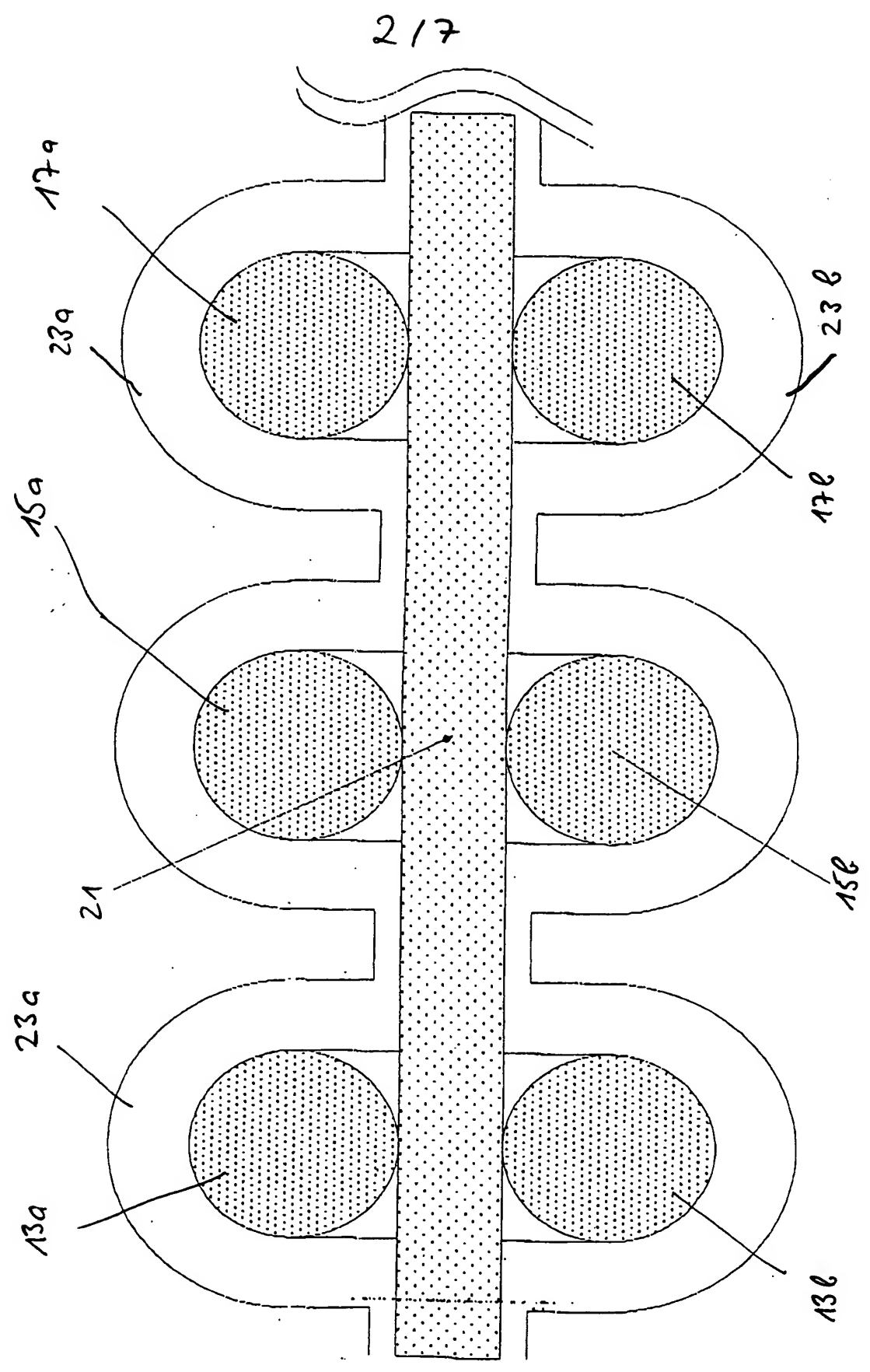
(Fig. 1)





11

FIG. 4



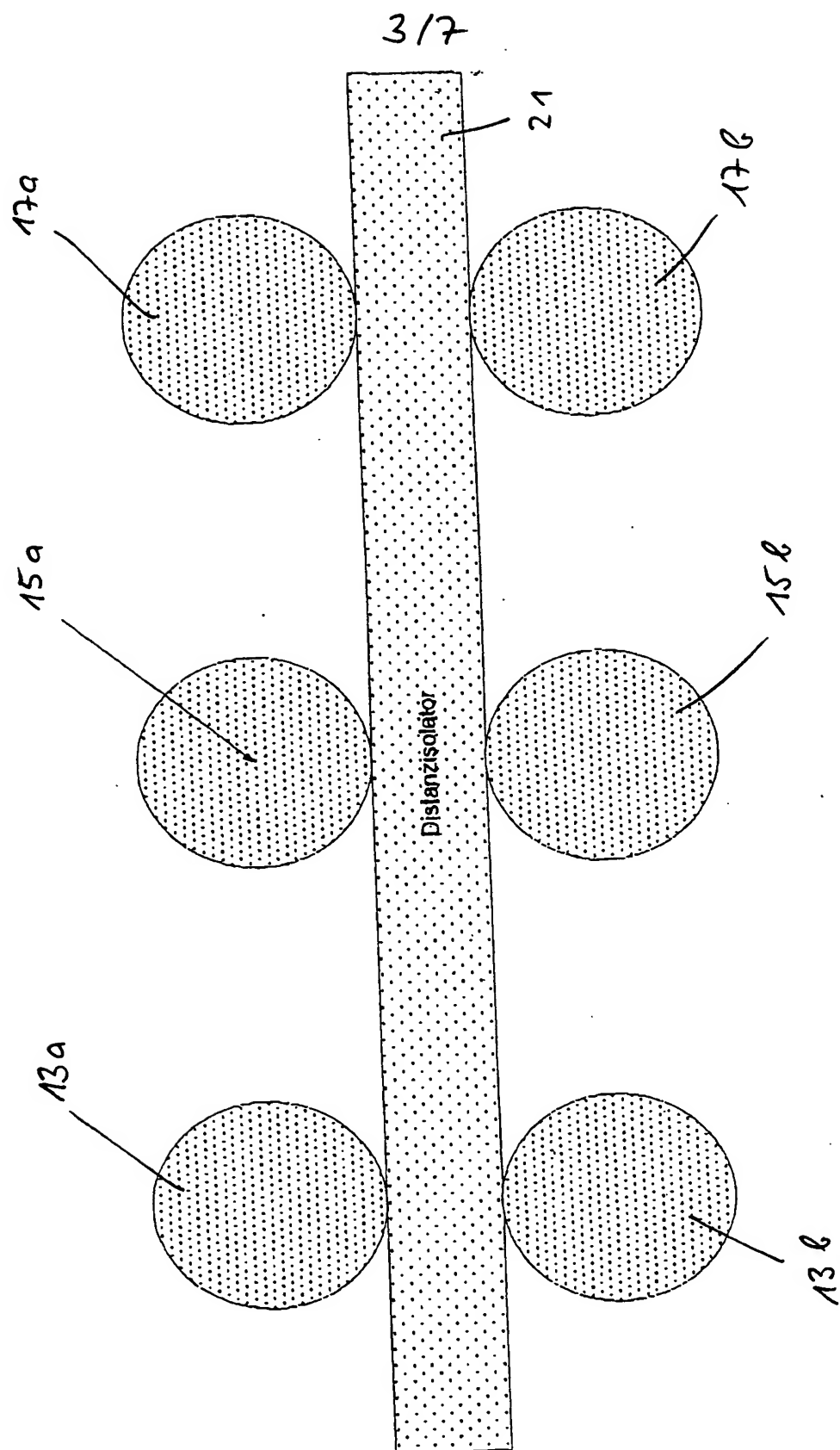


Fig. 5



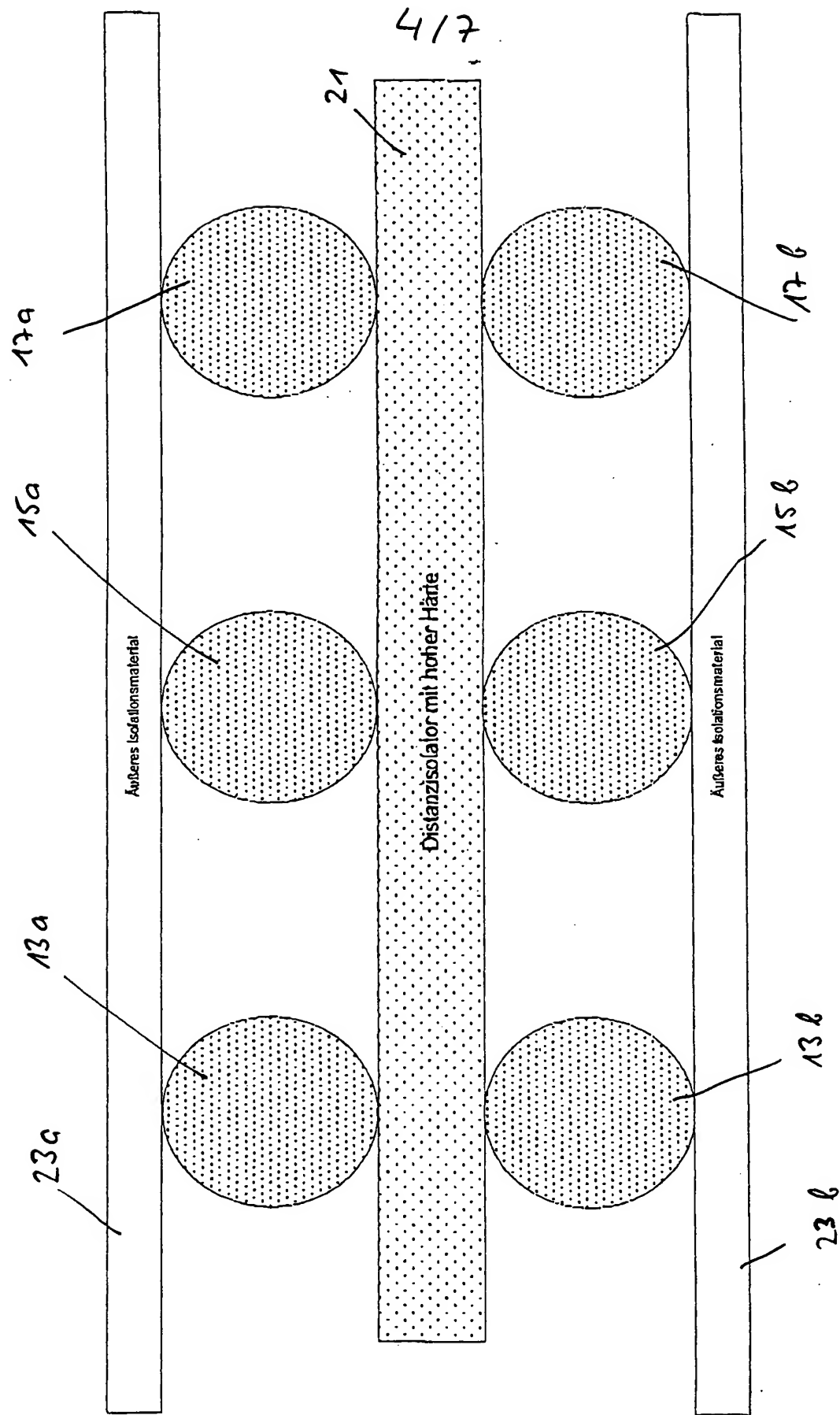
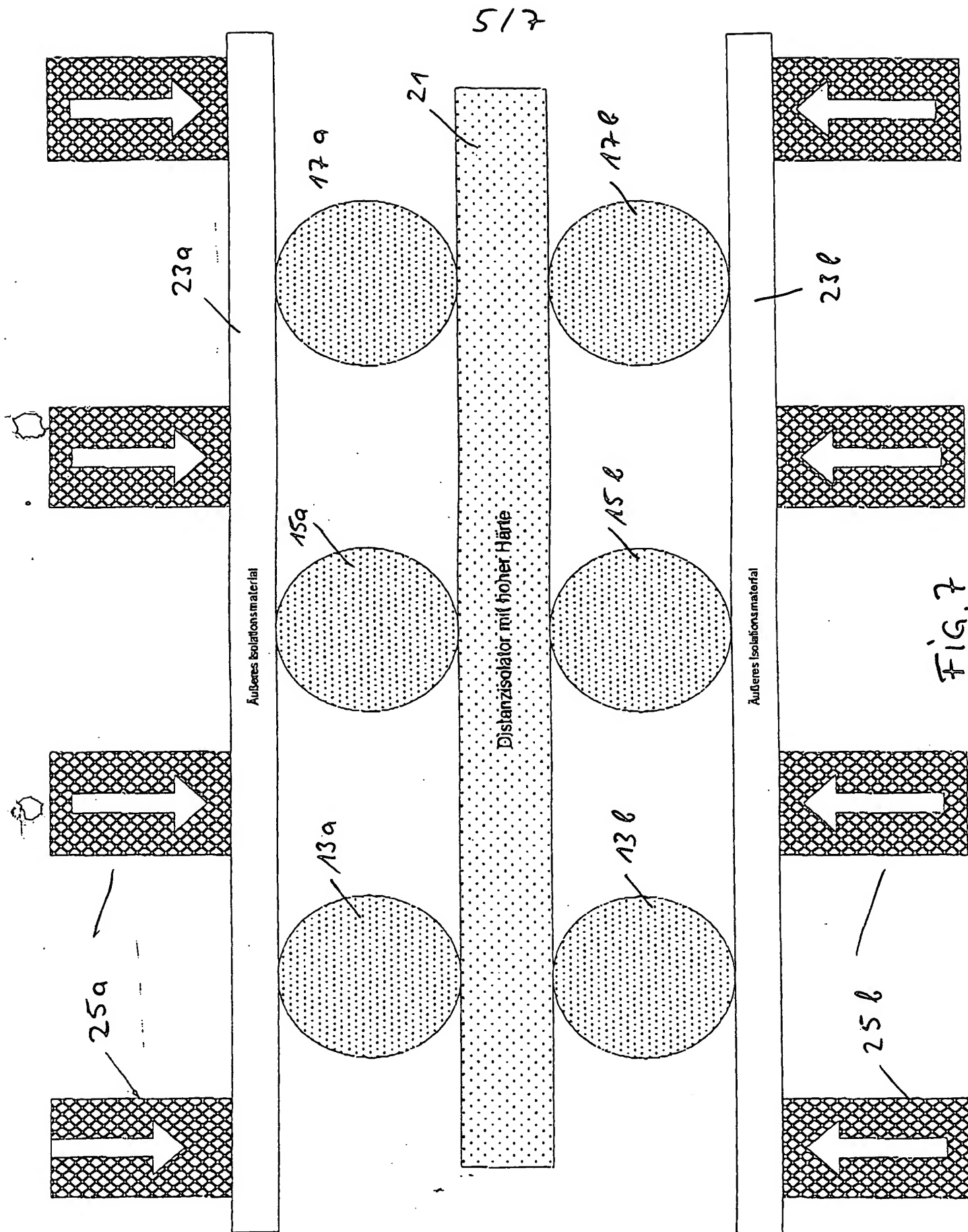


Fig. 6



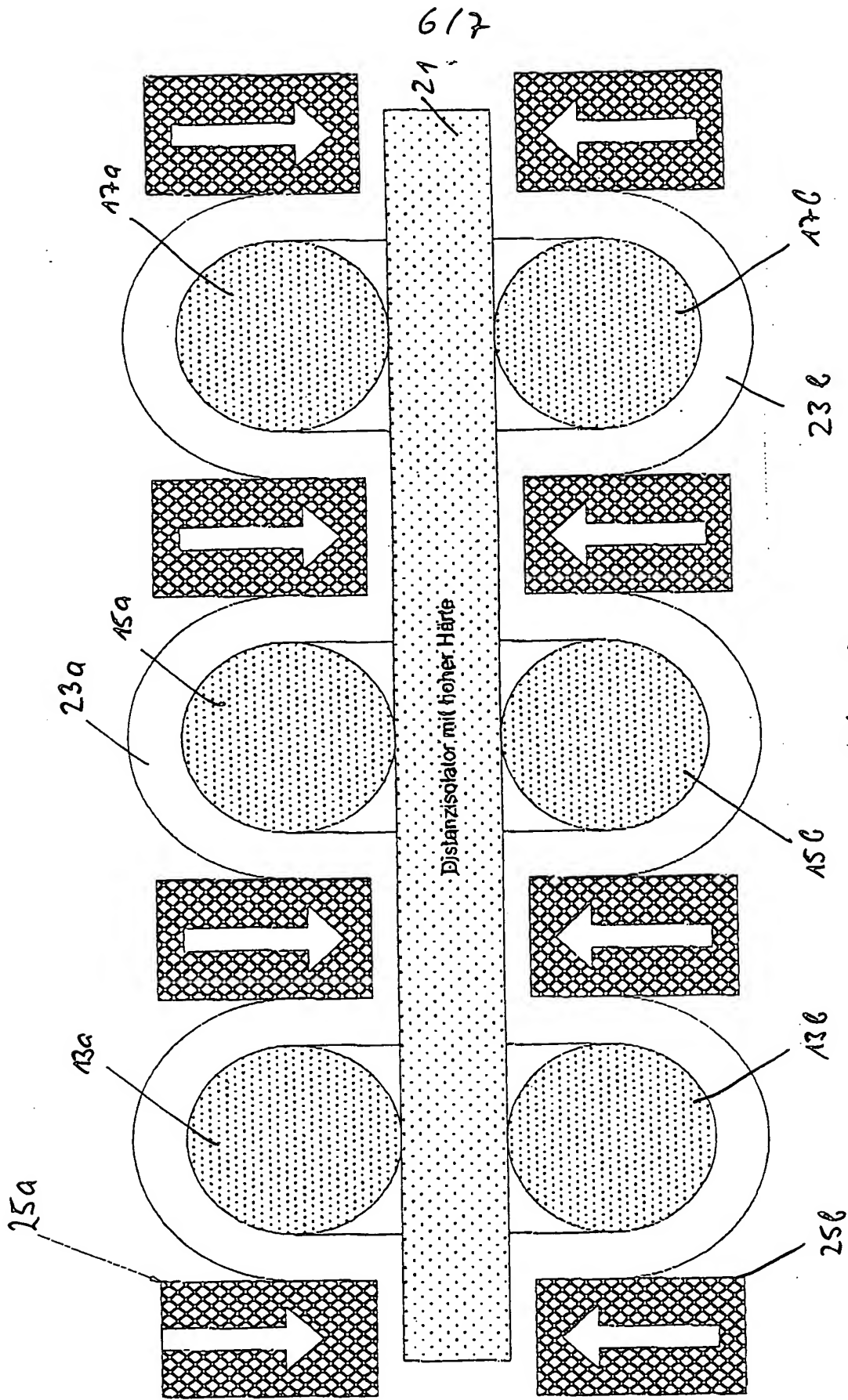


Fig. 8

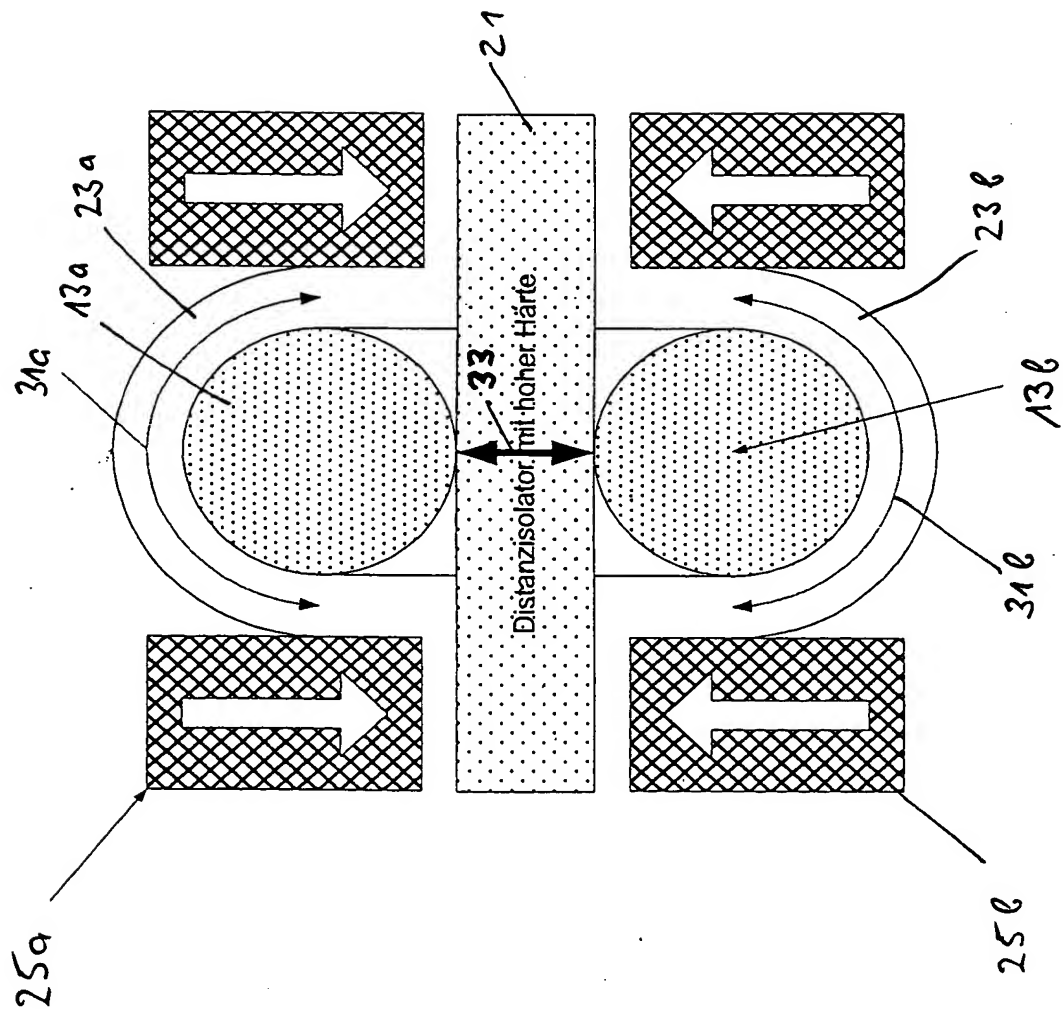


Fig. 9